

Área: Sustentabilidade | Tema: Resíduos e Reciclagem

## RELÓGIO DE SOL: DO ESTUDO TEÓRICO A ELABORAÇÃO DE UM MODELO

### SUN WATCH: THE THEORETICAL STUDY THE ESTABLISHMENT OF A MODEL

Joice Eloisa Wille, Roberta Mulazzani Doleys Soares, Karine Perius Chartanovicz, Tatiane Vanessa Zamin e

Maryane Ramos

#### RESUMO

O presente trabalho discorre sobre os diversos assuntos associados ao relógio de sol, uma ferramenta que permite a definição das horas, considerando o movimento aparente do sol e a sombra gerada por uma haste corretamente posicionada. Dessa forma, o embasamento teórico contribuiu para a elaboração de um relógio horizontal com design diferenciado e que incorpora em sua base o reaproveitamento de cerâmicas. Após o desenvolvimento do projeto, realizou-se a maquete do modelo e, posteriormente foram feitos estudos no equipamento que simula a trajetória solar, denominado Heliodon. Os resultados obtidos no simulador comprovaram a eficácia do modelo para medir o tempo. O protótipo será implantado na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Campus Santo Ângelo/RS, servindo como referencial e contribuindo com esclarecimentos sobre a ferramenta.

**Palavras-Chave:** relógio de sol, relógio horizontal, reaproveitamento de cerâmica.

#### ABSTRACT

This paper discusses the various issues associated with the sundial, a tool that allows setting the hour, considering the apparent movement of the sun and the shadow generated by a properly positioned stem. Thus, the theoretical basis contributed to the development of a horizontal clock with different design and incorporates in its base reuse of ceramic. After the development of the project, the model of the model was held and were later studies done on equipment that simulates the solar trajectory, called Heliodon. The results obtained in the simulator model proved the effectiveness for measuring time. The prototype will be deployed in the Integrated Regional University of High Uruguay and Missions - URI Campus Santo Ângelo/RS, serving as a reference and contributing to clarification of the tool.

**Keywords:** sundial, horizontal clock, ceramic reuse.

**Eixo temático: Sustentabilidade**

## **RELÓGIO DE SOL: DO ESTUDO TEÓRICO A ELABORAÇÃO DE UM MODELO**

### **SUN WATCH: THE THEORETICAL STUDY THE ESTABLISHMENT OF A MODEL**

#### **RESUMO**

O presente trabalho discorre sobre os diversos assuntos associados ao relógio de sol, uma ferramenta que permite a definição das horas, considerando o movimento aparente do sol e a sombra gerada por uma haste corretamente posicionada. Dessa forma, o embasamento teórico contribuiu para a elaboração de um relógio horizontal com *design* diferenciado e que incorpora em sua base o reaproveitamento de cerâmicas. Após o desenvolvimento do projeto, realizou-se a maquete do modelo e, posteriormente foram feitos estudos no equipamento que simula a trajetória solar, denominado Heliodon. Os resultados obtidos no simulador comprovaram a eficácia do modelo para medir o tempo. O protótipo será implantado na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões - URI Campus Santo Ângelo/RS, servindo como referencial e contribuindo com esclarecimentos sobre a ferramenta.

**Palavras-chave:** relógio de sol, relógio horizontal, reaproveitamento de cerâmica.

#### **ABSTRACT**

This paper discusses the various issues associated with the sundial, a tool that allows setting the hour, considering the apparent movement of the sun and the shadow generated by a properly positioned stem. Thus, the theoretical basis contributed to the development of a horizontal clock with different design and incorporates in its base reuse of ceramic. After the development of the project, the model of the model was held and were later studies done on equipment that simulates the solar trajectory, called Heliodon. The results obtained in the simulator model proved the effectiveness for measuring time. The prototype will be deployed in the Integrated Regional University of High Uruguay and Missions - URI Campus Santo Ângelo/RS, serving as a reference and contributing to clarification of the tool.

**Keywords:** sundial, horizontal clock, ceramic reuse.

# 1 INTRODUÇÃO

O relógio de sol é um instrumento que possibilita a determinação do tempo, considerando o movimento aparente do sol e a sombra gerada por uma haste corretamente posicionada, e, relacionado a ele, estão diversas áreas científicas, como a Astronomia, a Trigonometria e a Geometria, que encontram no relógio de sol um campo fértil para a investigação e aplicação de conhecimentos (PINTO, 2012).

Os principais movimentos da Terra são os de translação e o de rotação, o primeiro refere-se ao movimento em que a Terra realiza em torno do sol, resultando nas quatro estações, e o de rotação é aquele em que Terra gira ao redor de um eixo imaginário, ocasionando a sucessão dos dias e das noites e proporciona a sensação de que é o movimento do sol ao redor da Terra (NADAL et al, 2000).

Nesse contexto, através do uso do relógio de sol é possível também se orientar geograficamente e reconhecer os elementos da esfera celeste que nos ajudam a acompanhar os movimentos diários e anuais dos astros (SOARES et al, 2011).

O presente trabalho visa elaborar um relógio de sol, embasando-se pelo modelo que depende do círculo horário formado pela trajetória solar para assinalar no quadrante à hora correspondente a esta trajetória, denominado Relógio Horizontal, que é formado pelos seguintes componentes: quadrante, estilete ou estilo, linhas de hora e *gnómon*.

Outro ponto considerado para o desenvolvimento do modelo de relógio de sol, além da forma e dimensão, são os materiais que serão utilizados para a construção do mesmo, portanto, a premissa para a criação do protótipo é a reutilização de material.

De acordo com Silva (2008), uma das principais causas do crescimento generalizado e desordenado da produção de resíduos da construção deve-se ao consumo ineficiente de matérias-primas e a falta de gestão dos resíduos que surgem em todo o processo construtivo.

Focando no material cerâmico, muitos resíduos industriais são gerados nas suas etapas de fabricação, como os “cacos”, que são pedaços de peças danificadas. Esses materiais geram grandes preocupações aos empresários do setor, não só pela ética, mas principalmente financeiramente, pois estão sendo desperdiçadas com esses resíduos, toneladas de matérias-primas (ALBUQUERQUE, 2009).

Diante disso, o modelo elaborado associou a teoria para a criação de um relógio de sol com *design* único e que reaproveita cerâmicas em sua composição. Um protótipo deverá ser implantado na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, no campus de Santo Ângelo/RS, servindo como referencial e contribuindo com esclarecimentos sobre suas funções.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 MOVIMENTO APARENTE DO SOL

O movimento do sol, que se pode acompanhar diariamente, proporciona a impressão de que o sol se desloca ao redor da Terra. Na verdade, é a Terra que realiza o movimento de rotação ao redor do sol. O percurso aparente do sol varia a posição de acordo com a época do ano e hora do dia, sendo possível determinar uma trajetória para cada dia (SOARES et al, 2011).

No entanto, duas trajetórias são indicadas graficamente: as dos solstícios que são representadas pelos extremos do percurso e as dos equinócios. O solstício de verão tem seu dia como o mais longo do ano e o solstício de inverno tem-se o dia mais curto do ano. O

equinócio é a denominação a qual se utiliza para os dias do ano onde o dia tem a mesma duração que a noite (FROTA e SCHIFFER, 2003).

## 2.2 COMPONENTES DO RELÓGIO DE SOL

Costumeiramente, o relógio de sol possui dois elementos fundamentais: o elemento que produz a sombra, chamado de *gnómon* e a superfície que a recebe, o quadrante (PINTO, (2012).

Conforme SOARES et al (2011), o *gnómon* pode ser de forma tubular ou triangular, este sempre será disposto de forma perpendicular ao quadrante. A designação estilete pode ser compreendida como a aresta do *gnómon*, que cuja sombra, projetada no quadrante, irá assinalar à hora solar.

Segundo AZEVEDO et al (2013), bastões são usados a milhares de anos, para marcar a passagem do tempo. Ao receber a luz solar, o bastão ocasiona sombra sobre a Terra, a qual se desloca no decorrer do dia em virtude da junção dos movimentos de rotação e translação.

Com o desenvolvimento da matemática pelos gregos, e da trigonometria, foram determinadas marcações para indicar as horas em volta dos *gnómons*, simbolizando as unidades de tempo.

Antigamente utilizava-se o relógio do sol para ter-se a noção das horas, pois conforme a sombra feita pelo *gnómon* na Terra, as pessoas sabiam a hora do dia com uma boa precisão (PINTO, 2012).

O relógio de sol não marca a hora da mesma forma que um relógio comum. Ele marca as horas verdadeiras e o relógio comum marca as horas legais, aquelas definidas pelo fuso horário de cada local. Também se atrasa ou adianta continuamente em relação aos relógios de uso comum, pois a órbita da Terra em torno do sol é em forma de elipse (SOARES et al, 2011).

## 2.3 BREVE RELATO SOBRE AS FAMÍLIAS DE RELÓGIOS DE SOL

Pinto (2012) aborda a classificação dos relógios de sol utilizando o critério de como é feita a transposição da posição do sol no quadrante, são determinados que existem, basicamente, quatro classes, dados os relógios que assinalam a hora em função:

- a) Do círculo horário em que o sol se encontra;
- b) Da altura do sol no firmamento;
- c) Do azimute do sol ou;
- d) Da direção dos raios luminosos.

### 2.3.1 Relógios de estilo polar

Existem nove modelos de relógios de estilo polar e quadrante plano, que agrupa em função da inclinação do estilo ao quadrante (Pinto, 2012):

- a) Relógio equatorial;
- b) Relógio polar;
- c) Relógio vertical nascente ou poente;
- d) Relógio horizontal;
- e) Relógio vertical sul;
- f) Relógio vertical norte;
- g) Relógio vertical declinado;
- h) Relógio inclinado orientado;

i) Relógio declinado e inclinado.

### **2.3.2 Relógio equatorial**

O nome deste modelo deve-se pelo fato do quadrante dele ser paralelo ao Equador. Sendo o estilo paralelo ao eixo polar, será também, perpendicular ao quadrante. Segundo Pinto (2012), este modelo de relógio é o único tipo de relógio de quadrante plano em que as linhas das horas são equiangulares, formando entre si ângulo de  $15^\circ$ , o que ocasiona a esse tipo de relógio certa simplicidade e universalidade, dado que ele funciona em qualquer latitude se posicionado de maneira correta.

### **2.3.3 Relógio polar**

De acordo com Pinto (2012), o quadrante deste modelo é paralelo ao eixo polar e à direção Leste-Oeste, sendo o estilo, por sua vez, paralelo ao quadrante. Sendo assim, o quadrante e o estilo são perpendiculares ao Equador. As linhas de hora neste modelo são paralelas entre si. Elabora-se um plano auxiliar equatorial, de linhas com angulação de  $15^\circ$ , tal como observado no modelo de relógio equatorial, para basear-se nas paralelas do relógio polar (Pinto, 2012).

### **2.3.4 Relógio horizontal**

Julgou-se que o modelo de relógio horizontal atualmente é o mais difundido. A sua popularidade deve-se, em parte, pelo fato deste tipo de relógio assinalar à hora desde que o sol nasce até se pôr (Pinto, 2012).

### **2.3.5 Relógio vertical orientado a nascente ou a poente**

O quadrante vertical orientado a nascente ou a poente é paralelo ao eixo polar - assim como o relógio polar - por isso os traçados geométricos auxiliares e os respectivos quadrantes são muito semelhantes (PINTO, 2012).

Ainda Pinto (2012) trata este modelo, assim como o relógio polar e o equatorial, como universal, funcionando em qualquer latitude, contanto que sejam posicionados corretamente. Já o restante dos modelos de relógios polares, para funcionarem corretamente, devem ser desenhados para a latitude específica do local a serem instalados.

### **2.3.6 Relógio vertical sul e norte**

De acordo com Pinto (2012) o relógio vertical sul de estilo polar terá sido durante muito tempo o instrumento de medição do tempo que se encontrava com mais frequência nos aglomerados populacionais, para anunciar a hora aos transeuntes. Já o relógio vertical norte corresponde proporcionalmente ao seu congênere orientado a sul, sendo um o reverso de outro. Assim, as linhas de hora do relógio vertical norte correspondem ao reverso do relógio vertical sul, desenhado para a mesma latitude.

### **2.3.7 Relógio vertical declinado**

Este modelo, como o nome indica, trata-se de um quadrante vertical desviado dos pontos cardeais.

Conforme Pinto (2012), o traçado desse relógio pode ser obtido de várias maneiras. Pode-se recorrer para um relógio vertical sul como auxiliar, a única condição que os dois relógios precisam ter em comum para funcionar é o alinhamento dos respectivos estilos.

### 2.3.8 Relógio inclinado orientado

Este relógio tem um diferencial se comparar com os outros modelos, ele possui um quadrante oblíquo em relação ao horizonte e à direção vertical do lugar, porém, encontra-se alinhado pelos pontos cardeais (PINTO, 2012).

### 2.3.9 Relógio declinado e inclinado

“Como o próprio nome sugere, o quadrante deste relógio encontra-se desviado dos pontos cardeais e é inclinado relativamente ao horizonte” (PINTO, 2012, p. 29).

## 2.4 Reaproveitamento de materiais

Segundo Silva (2008), a construção é uma atividade ancestral. O seu desenvolvimento acelerado e descontrolado nas últimas décadas tem contribuído para um maior consumo ineficiente de materiais e matérias-primas, originando a produção de resíduos em grande escala.

Os resíduos se tornaram um grave problema a ser enfrentado, tanto urbano quanto ambiental. Está sendo difícil encontrar locais apropriados para realizar seu descarte, além disso, esse processo se torna caro e pode causar danos ambientais.

Alcantara (2005) aponta as vantagens ao se destinar corretamente o entulho.

Os entulhos que são gerados na construção civil aumentam os custos finais da construção, devido ao processo de remoção e tratamento. O entulho se bem destinado, pode trazer várias utilidades para a construção civil, principalmente sua aplicação como matéria prima. É possível obter similaridade de desempenho em relação a produtos convencionais com custos muito competitivos, tornando uma alternativa economicamente viável (ALCANTARA, 2005, p.69).

O termo resíduo sólido se diferencia do termo lixo, pois é considerado aquilo que não tem nenhum valor, simplesmente é descartado. Já o lixo, possibilita o reaproveitamento no processo produtivo (DEMAJOROVIC, 1995).

Diante disso, a reutilização e a reciclagem de resíduos vêm a ser a solução mais sensata, trazendo diversos benefícios a natureza e as indústrias, otimizando seus investimentos e lucros (ALBUQUERQUE, 2009).

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 FUNCIONAMENTO DO MODELO PROPOSTO: RELÓGIO DE SOL HORIZONTAL

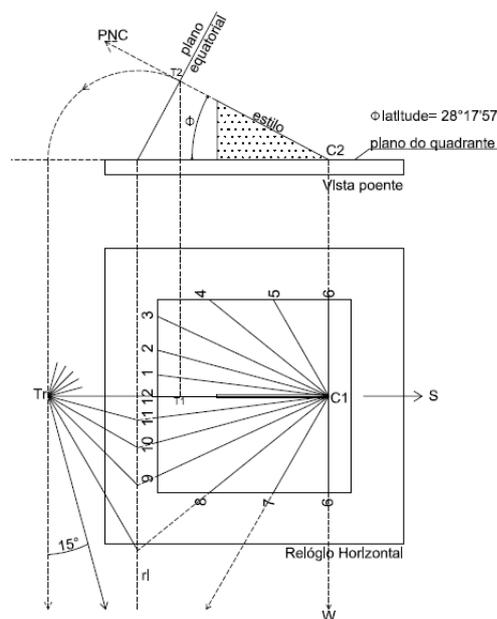
Baseado no modelo proposto por Pinto (2012) determinou-se graficamente as linhas de hora do relógio horizontal, seu quadrante e o respectivo *gnómon* (Figura 1). Inicialmente desenhou-se a vista poente do relógio, a reta perpendicular ao estilo representa o plano equatorial (plano auxiliar), **T** é o ponto de intersecção da reta definida pelo estilo e o plano equatorial, este plano intersecta o plano do quadrante segundo a reta **ri** que, funcionando como eixo de rotação, permite determinar o ponto **T** rodado sobre o plano do quadrante (**Tr**).

A partir de **Tr**, traçou-se retas que formam entre si ângulos de  $15^\circ$  que cruzam o eixo de rotação em pontos que, unidos ao centro **C** do quadrante, definem as linhas de hora do relógio horizontal. A linha das 12 horas define a direção S-. As horas matutinas devem ser assinaladas a poente, enquanto que as horas vespertinas devem ser assinaladas a nascente. De acordo com Pinto (2012) são pontos importantes para o desenvolvimento de um relógio de sol horizontal:

- Como o modelo horizontal em questão é paralelo ao eixo polar, o estilo define com o quadrante um ângulo igual à latitude do lugar (Santo Ângelo/RS - Brasil), ou seja,  $28^\circ 17' 57''$ ;
- As linhas de hora possuem a mesma angulação no plano equatorial, mas variam no quadrante horizontal;
- A interseção das linhas de hora ocorre no ponto **C**, que é o centro do quadrante e ponto de inserção do estilo;
- As linhas das 6 horas e das 18 horas têm a direção Leste/Oeste;
- O relógio marca um intervalo de 12 horas;
- As linhas de hora do relógio horizontal têm dois eixos de simetria: a linha das 12 horas (meridiana) e a perpendicular, que corresponde às linhas das 6 horas e das 18 horas.
- Poder-se-á inscrever as linhas das meias-horas – ou até dos quartos-de-hora – se o relógio for executado com precisão e tiver dimensões compatíveis com essa resolução. Para tal, bastará traçar linhas auxiliares no plano equatorial a formarem entre si ângulos de  $7,5^\circ$  ( $360^\circ : 48$  meias-horas) – ou ângulos de  $3,75^\circ$  ( $360^\circ : 96$  quartos-de-hora) – e, após unir os pontos de intersecção dessas linhas com a reta **ri** ao centro (**C**) do quadrante.

O relógio de sol horizontal foi escolhido por ser um dos modelos mais utilizados na atualidade, com vários exemplos espalhados pelo mundo, o que torna a compreensão um processo mais fácil.

Figura 1 - Determinação das linhas de horas do relógio horizontal, na latitude de Santo Ângelo/RS - Brasil



Fonte: adaptado Pinto (2012, p.22).

### 3.2 ELABORAÇÃO DO MODELO

Esta etapa consiste na elaboração do projeto, a partir dos dados apresentados no item 3.1. Primeiramente, realizou-se o modelo em 2D, inserindo as linhas de hora, o quadrante, o *gnómon*, determinando as dimensões e os materiais, seguidamente foi feita a maquete do relógio na escala 1/10, para ser testada no equipamento Heliodon.

## 4 RESULTADOS

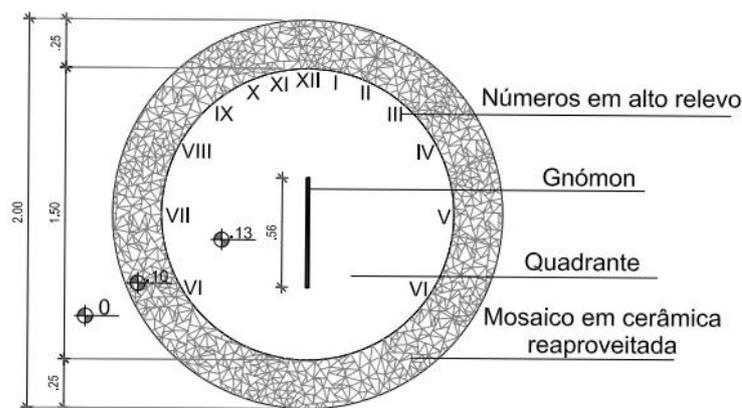
### 4.1 APRESENTAÇÃO E SIMULAÇÃO DO PROTÓTIPO

A Figura 2 ilustra a vista superior do relógio de sol desenvolvido, observa-se que a base do protótipo possui diferença de nível, enfatizando a parte que abriga os números. A área interna é composta de um mosaico de cerâmicas descartadas.

A Figura 3 mostra as vistas laterais com cotas do modelo, informando a angulação trabalhada, considerando a cidade de Santo Ângelo-RS, a posição do *gnómon* e as demais dimensões.

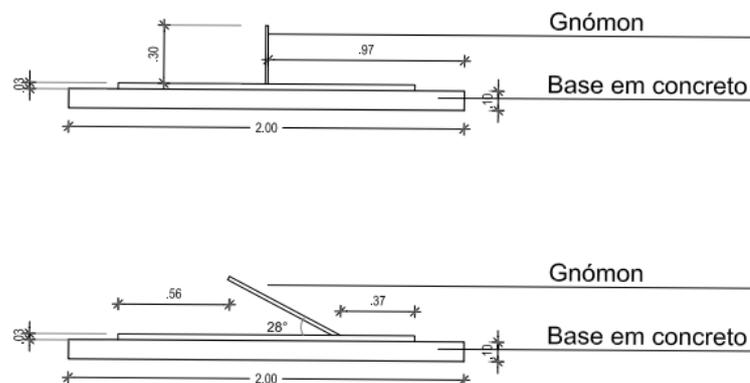
Para a realização dos testes no Heliodon elaborou-se a maquete (Figura 4), inseriu-se os dados determinados na fase projetual, confeccionou-se um mosaico representativo e como esta pesquisa é do curso de Arquitetura e Urbanismo, foram feitos desenhos na escala cinza retratando edificações.

Figura 2 - Vista superior do relógio de sol



Fonte: autores.

Figura 3 - Vistas laterais com cotas



Fonte: autores.

Figura 4 - Maquete do relógio proposto



Fonte: autores.

O Heliodon trata-se de um equipamento utilizado para simular o movimento aparente do sol. Dessa forma, colocou-se o relógio devidamente orientado, conforme observa-se na Figura 5.

As simulações referem-se aos solstícios de verão (22 de dezembro) e inverno (22 de junho), equinócios de primavera (23 de setembro) e outono (21 de março), considerando os seguintes horários: 9h, 12h e 15h.

A Tabela 1 apresenta os resultados das simulações no Heliodon, mostrando a eficácia do modelo para a determinação das horas.

Figura 5 - Relógio de sol no heliodon



Fonte: autores.

Tabela 1 - Resultado das simulações

EQUINÓCIO DE PRIMAVERA		
9h	12h	15h
		
SOLSTÍCIO DE VERÃO		
9h	12h	15h
		
EQUINÓCIO DE OUTONO		
9h	12h	15h
		
SOLSTÍCIO DE INVERNO		
9h	12h	15h
		

Fonte: autores.

## 5 CONCLUSÃO

O embasamento teórico e as análises realizadas, foram de grande importância para a compreensão do relógio de sol, uma ferramenta milenar, pois desde os primórdios o homem utilizou esse sistema para medir o tempo.

O diferencial, do modelo desenvolvido, está na base que alterna níveis (ênfase no local de marcação das horas), o desenho de edificações (inspirado no Curso de Arquitetura e Urbanismo) e o mosaico, elaborado para a base, composto de cerâmicas descartadas. Todos esses fatores resultaram em uma composição dinâmica, destaca-se, entre todos esses princípios de criação, o reaproveitamento de material.

As simulações do protótipo no equipamento Heliodon alcançaram o objetivo esperado. A sombra do *gnômon* projetada sobre o quadrante atingiu os numerais correspondentes aos horários estabelecidos para os estudos.

A execução do modelo na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, campus de Santo Ângelo/RS, fará a união da teoria à prática. Contribuindo para o conhecimento do instrumento e suas funções, expandindo os saberes para a universidade e para a comunidade em geral.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, L. M. da C. **Reciclagem e estudo de reaproveitamento de resíduos cerâmico de Indústria de louça sanitária**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade federal de Pernambuco, Recife, 2009.

ALCANTARA, C. A. **Reutilização de resíduos sólidos da construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Anhembi Morumbi. São Paulo, 2005.

AZEVEDO, S. da S. M.; PESSANHA, M. C. R.; SCHRAMM, D. U. da S.; SOUZA, M. de O. **Relógio de sol com interação humana: uma poderosa ferramenta educacional**. Rev. Bras. Ensino Fís., vol.35, n.2. São Paulo, 2013.

DEMAJOROVIC, J. **Da política tradicional de tratamento de lixo à política de gestão de resíduos sólidos: as novas prioridades**. Revista de Administração de Empresas. V.35, n.3, p.88-93. São Paulo, 1995.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S.R. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo**. 5.ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

NADAL, C. A. HATSCHBACH, F. **Introdução aos Sistemas de Medição do Tempo**. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências da Terra. Departamento de Geomática. Curitiba, PR. 2000.

PINTO, L. F. M. **Funcionamento e traçado do relógio de sol**. Revista Arquitetura Lusíada, n.4, p.9-35, 2012.

SILVA, P. D. R. **Reutilização de elementos construtivos na construção**. Tese de mestrado integrado em engenharia civil - Faculdade de Engenharia do Porto. Portugal, 2008.

SOARES, L. M.; PRADO, F. de B. L.; VIEIRA, R. D.; NASCIMENTO, S. S. **O relógio de sol horizontal como instrumento para o ensino de ciências.** Revista Interlocução, n.4, p.28-39, 2011.